

Europäisches Patentamt  
European Patent Office  
Office européen des brevets



⑪ Veröffentlichungsnummer: **0 510 408 A2**

⑫

## EUROPÄISCHE PATENTANMELDUNG

⑬ Anmeldenummer: **92105763.4**

⑮ Int. Cl. 5: **G01J 1/46**

⑭ Anmeldetag: **03.04.92**

⑯ Priorität: **23.04.91 DE 4113207**

⑰ Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**28.10.92 Patentblatt 92/44**

⑱ Benannte Vertragsstaaten:  
**DE FR GB**

⑲ Anmelder: **Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
W-6000 Frankfurt/Main 70(DE)**

⑳ Erfinder: **Hofmann, Karl, Dr.  
Schwarzenbergstrasse 14  
W-7900 Ulm(DE)**  
Erfinder: **Oelmaier, Reinhard, Dipl.-Ing.  
Erwin-Rommel-Strasse 11  
W-7958 Laupheim(DE)**

㉑ Vertreter: **Amersbach, Werner, Dipl.-Ing. et al  
Licentia Patent-Verwaltungs-GmbH  
Theodor-Stern-Kai 1  
W-6000 Frankfurt 70(DE)**

### ㉒ Photodetektoranordnung.

㉓ Für eine Photodetektoranordnung mit einer Mehrzahl von Detektorelementen und Integrationskondensatoren wird vorgeschlagen, mittels einer Kompensationsanordnung den Ladestrom der Integrationskondensatoren gegenüber dem Detektorstrom um ein vorgegebenes Maß zu verringern, z.B. mittels einer Kompensationsstromquelle und/oder einem Stromspiegel, und dadurch die Integrationszeit zu verlängern und das S/N-Verhältnis zu verbessern.

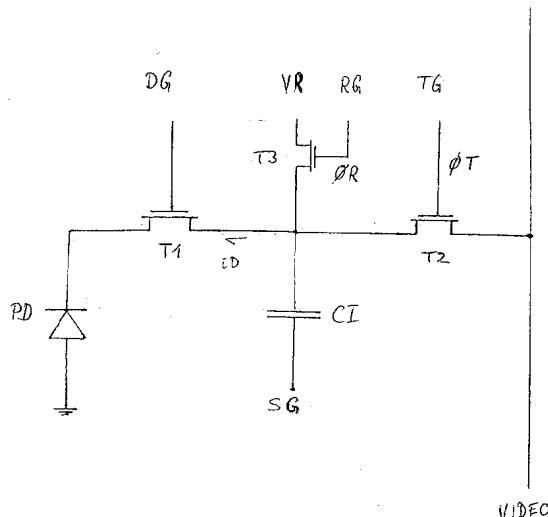


FIG. 1

Die Erfindung betrifft eine Photodetektoranordnung nach dem Oberbegriff des Patentanspruches 1.

Derartige Photodetektoranordnungen sind allgemein auch als Photodetektorarrays bekannt.

Lineare oder 2-dim. Photodetektorarrays werden ausgelesen, indem die Detektorelemente an elektronische Schaltungen angekoppelt werden, die dafür sorgen, daß die Detektorsignale im Zeitmultiplexverfahren ausgelesen werden. Ausleseschaltungen die dafür geeignet sind, sind Charge-Coupled-Devices (CCDs) oder FET-switch Multiplexer Arrays. In diesen Schaltungen wird im allgemeinen für jedes einzelne Detektorelement eine individuelle Kopplungsschaltung benötigt.

Um ein möglichst hohes Signal-Rauschverhältnis (S/N) zu erreichen, ist anzustreben, daß die Kopplungsschaltung so ausgelegt wird, daß der Detektorstrom während der Zeit aufintegriert werden kann, die benötigt wird, um die Signale von allen Elementen des Arrays einmal auszulesen. In diesem Fall entspricht die Integrationszeit der sogenannten Frame Time. Für die Integration des Detektorstroms muß in der Kopplungsstruktur eine Kapazität vorgesehen werden. Diese bestimmt die maximale Ladung, die in der Kopplungsstruktur aufintegriert werden kann.

Speziell für Detektoren, die in einem 2-dim. Array angeordnet sind, ist die Fläche, die für den Integrationskondensator in der Kopplungsschaltung zur Verfügung steht begrenzt. Die Integrationskapazität, die proportional zur Fläche des Kondensators ist, kann deshalb nicht beliebig erhöht werden.

Bei Photodetektorarrays, die durch einen hohen Dunkelstrom gekennzeichnet sind, z.B. PV-CMT Arrays für den Spektralbereich von 8-12  $\mu\text{m}$ , oder die im Betrieb einen hohen Hintergrundstrom liefern, wird deshalb die maximal erreichbare Integrationszeit durch die verfügbare Kapazität begrenzt. Um trotzdem ein möglichst hohes S/N zu erreichen muß dann die Frame-Time der Integrationszeit angepaßt werden. Die effektive Integrationszeit kann dann durch Mittelung der digitalisierten Daten wieder erhöht werden. Für großformatige Arrays (z.B. Arrays mit 256x256 Detektorelementen) führt dies zu sehr hohen Datenraten, die entsprechend hohe Anforderungen an ein nachfolgendes Signalverarbeitungssystem stellen. Häufig ist daher die Integrationszeit erheblich kürzer als die Frame-Time und das S/N entsprechend ungünstig.

Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es daher, eine Photodetektoranordnung dieser Art mit verbessertem Signal/Rausch-Verhältnis anzugeben.

Die Erfindung ist im Patentanspruch 1 beschrieben. Die Unteransprüche enthalten vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen der Erfindung.

Durch die Verringerung des Ladestroms für

den Integrationskondensator kann entsprechend die Integrationszeit verlängert und können Rauschanteile bereits vor dem Auslesen besser ausgemittelt werden. Je nach Anteil der einzelnen Detektorstrombeiträge Signalstrom, Hintergrundstrom und Dunkelstrom sind dabei die folgenden beiden bevorzugten Varianten einzeln oder gemeinsam eingesetzt von besonderem Vorteil:

1. Die Ankoppelstufe wird mit einer Kompensationsstromquelle versehen. Diese Stromquelle speist während der Integration permanent einen konstanten Strom in den Integrationskondensator, dessen Polarität dem Detektorstrom entgegengesetzt ist;
2. Zwischen dem Detektorelement und dem Integrationskondensator wird ein Stromspiegel angebracht, der bewirkt, daß der Strom, der in dem Integrationskondensator aufintegriert wird betragsmäßig um einen festen Faktor kleiner ist als der Detektorstrom.

Die Erfindung ist nachfolgend anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf die Abbildungen noch eingehend veranschaulicht. Dabei zeigt:

FIG. 1 die Grundstruktur einer Kopplungsschaltung  
 FIG. 2 eine erste Ausführung der Erfindung  
 FIG. 3 eine zweite Ausführung der Erfindung.

Die in FIG. 1 skizzierte Kopplungsschaltung in MOS-Technologie basiert auf dem Prinzip der direkten Injektion. Ein Photodetektorelement PD ist über einen Transistor T1 mit einem Integrationskondensator CI verbindbar. Mittels dieses Transistors kann der Arbeitspunkt des Detektors eingestellt werden. Während eines Integrationszyklus ist durch Anlegen eines entsprechenden Potentials an das Detektorgate DG des Transistors T1 das Detektorelement PD mit dem Kondensator CI verbunden und es fließt ein Detektorstrom, der den Integrationskondensator auflädt (oder entlädt). Die Transistoren T2 und T3 sind gesperrt. Nach Abschluß des Integrationszyklus enthält die Ladung bzw. Spannung auf dem Integrationskondensator das über den Integrationszyklus integrierte Detektorsignal. Zum Auslesen des Detektorsignals wird bei unverändert gesperrtem Transistor T3 ein Transferimpuls  $\emptyset T$  auf das Transfergate TG des Transistors T2 gegeben und die im Integrationskondensator CI gespeicherte Ladung ganz oder teilweise auf die mehreren Elementen gemeinsame Videoausleseschaltung geleitet. Danach kann der nächste Integrationszyklus beginnen. Häufig wird in der Kopplungsstruktur ein weiterer Transistor T3 vorgesehen, über welchen zwischen dem Auslesen und dem nächsten Integrationszyklus während eines Rücksetz-Impulses  $\emptyset R$  am Reset-Gate RG dieses Transistors T3 der Integrationskondensator CI

auf ein definiertes Referenzpotential VR aufgeladen wird. Bei den nachfolgenden Erläuterungen von Ausführungsformen der Erfindung wird von der beschriebenen Kopplungsschaltung ausgegangen, ohne daß der Erfindungsgedanke darauf beschränkt sein soll. Andere bekannte Kopplungsschaltungen, beispielsweise nach dem Prinzip der Buffered Direct Injection, sind gleicherweise geeignet.

Die in FIG. 2 skizzierte Ausführungsform der Erfindung ist bezüglich der Zahl und Anordnung der elektrischen Komponenten identisch mit der bekannten Anordnung nach FIG. 1. Wesentlich ist jedoch, daß der Transistor T3 durch Anlegen eines Kompensationspotentials COMP an das Transistorgate während des Integrationszyklus einen Kompensationsstrom  $i_C$  zum Integrationskondensator CI führt, der dem Detektorstrom  $i_D$  durch den Transistor T1 und das Detektorelement PD entgegengesetzt ist. Der Beitrag des Kompensationsstroms ist je nach Anwendungsfall und Einsatzbedingungen verschieden zu wählen und kann über das Gatepotential COMP festgelegt werden.

Der Einsatz einer derartigen durch T3 gebildeten Kompensationsstromquelle ist vor allem dann günstig, wenn das Photodetektorarray unter Bedingungen betrieben wird, bei denen der Hintergrundphotostrom, der nicht zum Signal beiträgt, wesentlich höher ist als der Signalstrom. Die Kompensationsstromquelle kann dann so eingestellt werden, daß nur der Hintergrundphotostrom kompensiert wird; d.h. es geht keine Information verloren. Im Prinzip steht damit die gesamte Kapazität CI als Ladungsspeicher zur Integration des Signalphotostroms zur Verfügung. Bei vorgegebener maximaler Kapazität, d.h. Fläche, die für CI zur Verfügung steht kann deshalb die Integrationszeit und damit das S/N erhöht werden.

In einem weiteren Anwendungsfall, wenn der Dunkelstrom der Detektorelemente höher ist als der Signalstrom, führt die Methode der Stromkompensation in ähnlicher Weise zu einer Verbesserung des S/N.

Ein weiterer Vorteil der Ausführungsform von FIG. 2 ist, daß die Kompensationsstromquelle nur einen Transistor in der Kopplungsstruktur benötigt. Dies ist wichtig bei Kopplungsstufen für 2-dim. Arrays mit geringen Abständen zwischen den Detektorelementen, da dann für die Kopplungsschaltung nur wenig Platz verfügbar ist. Vorzugsweise ist das Gatepotential von T3 veränderbar, so daß der Transistor T3 auch in der zu FIG. 1 beschriebenen Weise zum Rücksetzen des Integrationskondensators benutzt werden kann. Zu FIG. 2 ist dies durch zwei Gate-Zuleitungen zum Transistor T3 für das Potential COMP einerseits und den Rücksetzimpuls  $\emptyset R$  andererseits veranschaulicht. Im Regelfall kann für beide Steuersignale COMP und  $\emptyset R$

dieselbe Zuleitung dienen.

Werden in einem Array die Anschlüsse von T3 in allen Kopplungsstufen mit dem gleichen Potential COMP versorgt, so kann in allen Kopplungsstufen der gleiche Kompensationsstrom eingestellt werden.

Aus Gründen der Reduzierung des Eigenrauschen der Koppelschaltung ist es günstig, wenn das Potential COMP nicht in der Koppelschaltung, sondern vorzugsweise auf dem Chip der Ausleseschaltung erzeugt wird. Dazu kann eine entsprechende Schaltung auf den Chip integriert werden. Die Kompensationsstromquelle kann dann z.B. als ein Zweig eines Stromspiegels betrieben werden, dessen Steuerzweig in der Ausleseschaltung angeordnet ist und der die Kompensationsstromquelle zu einer Mehrzahl verschiedener Kopplungsschaltungen bzw. Detektorelemente umfaßt.

Wenn die Kompensationsstromquelle als Teil einer Stromspiegelschaltung ausgeführt wird, kann der Stromspiegel z.B. auch als kaskadierter Stromspiegel oder als Wilson Stromspiegel ausgelegt werden.

Die in FIG. 3 skizzierte Ausführungsform der Erfindung weist gegenüber der in FIG. 1 dargestellten bekannten Anordnung einen zwischen das Detektorelement PD und den Integrationskondensator CI eingefügten und vom Detektorstrom  $i_D$  gesteuerten Stromspiegel mit an einem Versorgungspotential UDD liegenden Transistoren T4 und T5 auf. Der Stromspiegel wirkt als Stromteiler in der Weise, daß der durch T5 zum Integrationskondensator fließende Ladestrom  $i_L$  betragsmäßig in einem festen Verhältnis steht zum Detektorstrom  $i_D$ . Über das Verhältnis der geometrischen Abmessungen der beiden Transistoren kann das Stromteilverhältnis  $i_D/i_L$  festgelegt werden. Vorzugsweise liegt dieses Verhältnis zwischen 2 und 30. Der Ladestrom des Integrationskondensators ist also um einen vorgegebenen Faktor gegenüber dem Detektorstrom reduziert. Bei gegebener Integrationskapazität kann daher die Integrationszeit verlängert und das S/N-Verhältnis des integrierten Detektorsignals verbessert werden.

Der Stromspiegel wirkt auf alle Komponenten des Detektorstroms (Signalphotostrom, Hintergrundphotostrom, Dunkelstrom) in gleicher Weise. Besonders vorteilhaft ist die Anwendung eines solchen Stromspiegels daher, wenn der Signalphotostrom größer oder vergleichbar ist mit dem Hintergrundphotostrom und/oder dem Dunkelstrom und die Frame Time (aus Gründen der Signalverarbeitung) nicht verkürzt werden kann. Die Vergrößerung der Integrationszeit durch den Stromspiegel erlaubt es, das S/N zu verbessern, selbst dann, wenn das Rauschen nicht durch den Hintergrundphotostrom sondern durch das Rauschen im Signalphotostrom bestimmt wird. Beispielsweise bedeutet dies für

Infrarot-Detektorarrays, daß die Temperaturauflösung für Signale erhöht wird, die von "heißen" Wärmequellen erzeugt werden.

Das in FIG. 2 skizzierte Prinzip der Kompensationsstromquelle und das in FIG. 3 skizzierte Prinzip des Stromspiegels können auch in einer Anordnung vereinigt sein, wozu beispielsweise in FIG. 3 lediglich zusätzlich eine Ansteuerung des Transistors T3 durch ein Kompensationsstrom-Steuerpotential COMP wie in FIG. 2 vorzusehen ist. Die Kompensationsstromquelle kann auch zwischen Detektorelement und Stromspiegel vorgesehen sein. Vorzugsweise ist die Kompensationsstromquelle wahlweise aktiv oder inaktiv schaltbar.

Für Anwendungsfälle, in welchen sehr niedrige Detektorströme zu verarbeiten sind, z.B. astronomische Untersuchungen, und sich während seines Integrationszyklus im Integrationskondensator nur eine geringe Ladungsweise sammelt und damit nur geringe Spannungsänderungen zu detektieren sind, kann eine Abwandlung der in FIG. 3 skizzierten Anordnung mit einem Stromteilerfaktor kleiner 1, d.h. der Ladestrom  $iL$  ist größer als der Detektorstrom  $iD$ , vorgesehen sein. Dadurch können größere Spannungsänderungen im Integrationskondensator bewirkt werden, was sich vorteilhaft auf die weitere Signalverarbeitung in mit Eigenrauschen behafteten Auswerteschaltungen auswirkt. Außerdem kann auf die Verwendung von Minimalstrukturen für den Entwurf der Integrationskondensatoren verzichtet werden.

Die Abwandlung des Stromspiegels zu einer Stromverstärkung kann auch vorteilhaft verbunden werden mit dem Einsatz einer Kompensationsstromquelle, wenn einem hohen und annähernd konstanten, durch Dunkelstrom und Hintergrundstrom verursachten Gleichanteil in den Detektorströmen nur sehr kleine Signalphotoströme überlagert sind. In diesem Fall kann mittels der Kompensationsstromquelle der Gleichanteil weitgehend kompensiert und der Signalphotostromanteil verstärkt werden. Der Kompensationsstrom kann dabei auch einem langsam veränderlichen Gleichanteil der Detektorströme nachgeführt werden.

Die schaltungstechnischen Details, wie z.B. die geeignete Dimensionierung der im einzelnen auftretenden Potentiale oder die teilweise erforderliche komplementäre Ausführung von Transistoren (CMOS), sind dem Fachmann vertraut und daher nicht weiter ausgeführt.

Die Wirkung der beschriebenen Anordnungen ist teilweise vergleichbar mit dem bekannten Verfahren des "Skimming" und des "Partitioning", die aber als zeitdiskrete Maßnahmen am Ende eines Integrationszyklus eingesetzt werden und daher das Problem der zu kurzen Integrationszeit nicht lösen können. Skimming und Partitioning können ggf. auch bei den erfindungsgemäßen Anordnun-

gen zusätzlich eingesetzt werden.

### Patentansprüche

- 5 1. Photodetektoranordnung mit einer Mehrzahl von Detektorelementen und Integrationskondensatoren, wobei während eines vorgegebenen Integrationszyklus ein durch ein Detektorelement fließender Detektorstrom eine Aufladung des zugeordneten Integrationskondensators bewirkt, dadurch gekennzeichnet, daß eine Kompensationsanordnung vorhanden ist, die bewirkt, daß der den Integrationskondensator (CI) aufladende Ladestrom um ein vorgegebenes Maß geringer ist als der Detektorstrom des zugeordneten Detektorelements (PD).
- 10 2. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensationsanordnung eine Kompensationsstromquelle aufweist, die während des Integrationszyklus einen zu dem Detektorstrom ( $iD$ ) entgegengesetzt polarisierten Kompensationsstrom ( $iC$ ) in den Integrationskondensator speist.
- 15 3. Anordnung nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Betrag des Kompensationsstroms veränderlich einstellbar ist.
- 20 4. Anordnung nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompensationsstrom durch einen Feldeffekt-Transistor fließt, über den vor Beginn eines Integrationszyklus der Integrationskondensator auf einen vorgebbaren Spannungswert aufladbar ist.
- 25 5. Anordnung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensationsanordnung einen Stromspiegel (T4, T5) aufweist, der von dem Detektorstrom ( $iD$ ) gesteuert ist und einen in vorgegebenem Verhältnis zu dem Detektorstrom stehenden Ladestrom ( $iL$ ) erzeugt.
- 30 6. Anordnung nach Anspruch 5 und einem der Ansprüche 2 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der Kompensationsstrom dem Detektorstrom oder vorzugsweise dem Ladestrom entgegengerichtet polarisiert ist.
- 35 7. Anordnung nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Kompensationsstromquelle abschaltbar ist.
- 40 8. Anordnung nach einem der Ansprüche 5 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß das Teilungsverhältnis zwischen Ladestrom und Detektorstrom zwischen 2 und 30 liegt.

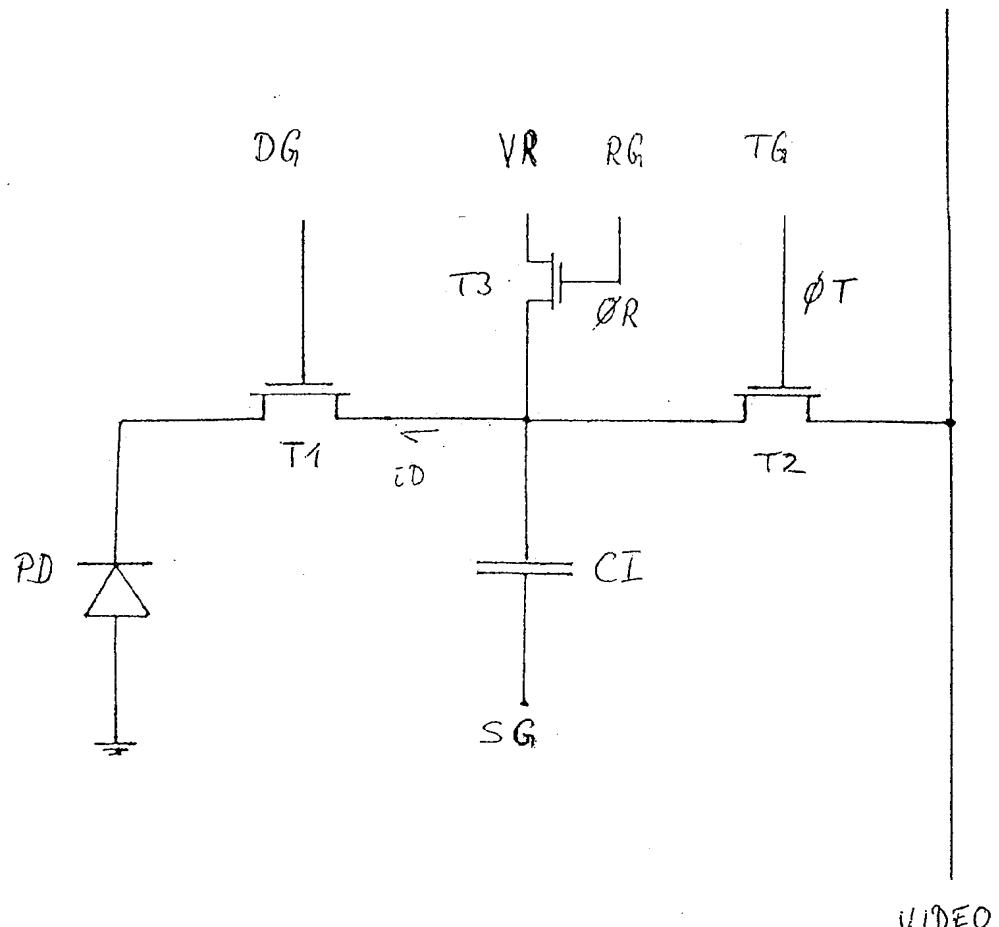
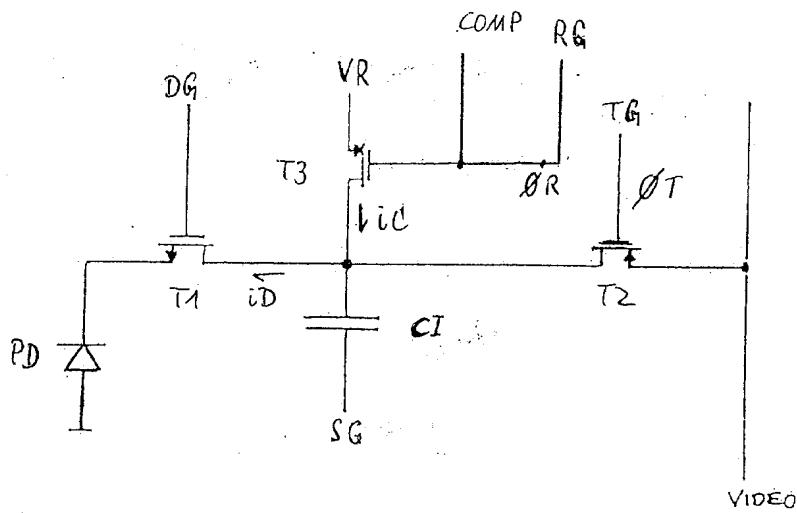


FIG. 1



F16-2

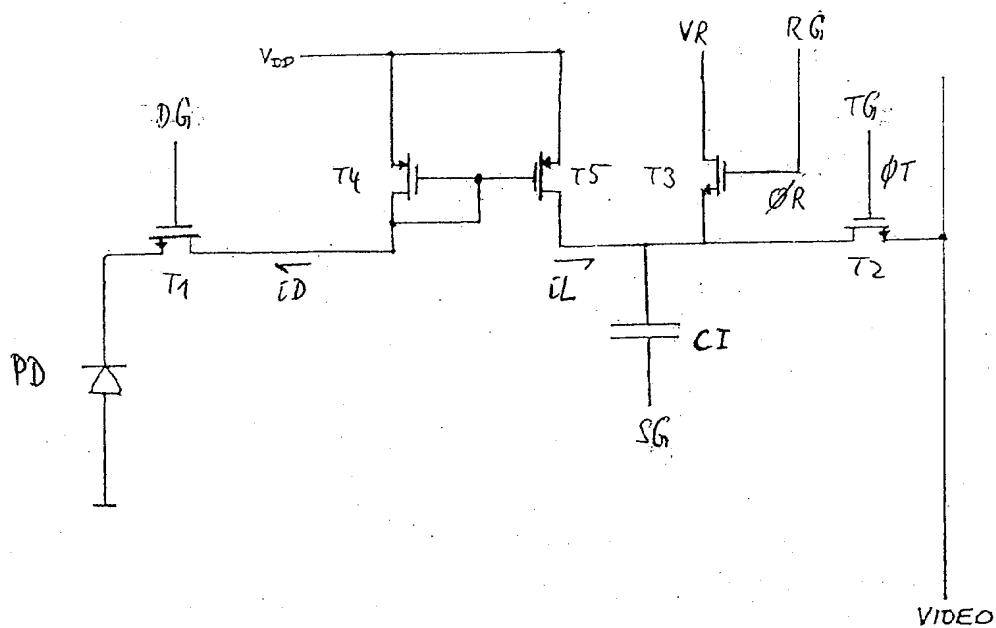


FIG. 3